International X-ray Observatory



篠崎慶亮(ARD/JAXA), 大橋隆哉, 石崎欣尚, 江副祐一郎(首都大), 田代信(埼玉大)

P3-091

ABSTRACT

国際X線天文台(IXO)に搭載されるX線マイクロカロリメータ分光装置XMS (X-ray Microcalorimeter Spectrometer)は、日米欧の国際協力によって開発されるX線マ イクロカロリメータアレイを用いた撮像型精密分光装置である。XMSへの要求性能は、0.3-10 keVのX線に対して検出器中央部で2.5 eV (FWHM)、周辺部でも10 eV のエネルギー分解能と、検出器全体で5分角の視野と数秒角の位置分解能であり、ASTRO-H SXSによって端緒を開かれるX線天体の精密な撮像分光観測を本格的に推 し進める。本ポスターではXMSの装置概要と日本の担当が期待されている冷却系と信号処理系の詳細と開発の現状について述べる。

XMS (X-ray Microcalorimeter Spectrometer)

XMSの特長

- X線マイクロカロリメータの大規模アレイを用いた撮像精密分光装置
- 極低温動作(0.05K)





X線マイクロカロリメータはX線光子のエネルギーを素子の温度上昇として計 測する検出器で、0.1K以下の極低温で優れたエネルギー分解能を実現する。 回折格子と比べて量子効率が高く、広がった天体であっても分光性能が劣化 しないという特長を持つ。

Suzaku XRSでは冷却系やセンサの軌道上動作を実証したが、ヘリウム排気 系に不具合があり天体観測には到らなかった (2005年)。ASTRO-H衛星に搭 載されるSXSで世界で初めて実現される(日米欧国際協力、2014年打ち上げ 予定)。→P2-017参照







	サイエンスドライバ	XMSへの要求	xmsの設計	(参考) ASTRO-H SXS
エネルギー帯域	z=2までの銀河団の温度と元素組成	0.3-12 keV (目標0.1-12 keV)		0.3-12 keV
エネルギー分解能	遠方AGNの鉄ラインプロファイル	2.5 eV (中心部) 10 eV (周辺部)		7 eV (目標4 eV)
視野	z=1での典型的な銀河団の広がり~3′	2分角 (中心部) 5.4分角 (全体)	40x40ピクセル (中心部) 2304ピクセル (周辺部) 全体で31.2mm角	3分角 (5 mm角) 6x6ピクセル
ピクセルサイズ	遠方AGNの検出→5秒角の角分解能	3秒角 (中心部) 6秒角 (周辺部)	300um角 (中心部) 600um角 (周辺部)	30秒角 (800um角)
寿命		5年 (目標10年)	ADR+機械式冷凍機 (無寒剤の冷却系)	3年 (目標5年)
カロリメータ			TES	半導体サーミスタ
読み出し			SQUID (信号多重化)	JFET

<u>読み出し系</u>



40 x 40 pixels <mark>2.5 x 292.5</mark> μι itch 300 un

Requirement

10 eV for 5x5 arcmin

・ 中心1600+周辺576ピクセル分の読み出し→極低温ステージへの侵入熱の観点から、信号多重化が必須 32-40ピクセルの信号多重化

- 基本設計案は時分割方式であり、8ピクセルの信号多重化で3 eVを切る性能が実現されている(NIST)
- 現在32-40ピクセルへの拡張が進められている(NIST)
- 別の設計案として周波数分割方式も検討されている(ISAS, SRON)

• 2011年にはTESカロリメータを用いたロケット実験が計画されている(MIT他)

XMSへの日本の寄与

- XMS International Consortiumで基本設計案とその分担を協議
 - ISAS/JAXA, SRON, NASA/GSFC, NIST他で構成
 - 日本の分担が期待されるのはcryogenicsとイベント処理回路
- 1) 室温から4Kまでの冷凍機システムと機械式冷凍機ドライバ
 - ・Suzaku XRS、ASTRO-H SXSの実績、経験
 - XMS冷凍機システムの基本設計案はSXSの設計をベースにしている ・JAXAはASTRO-F、SPICA、SMILES (ISS)等、プロジェクト横断的に 開発を進めており、世界トップレベルの技術と実績を有している。
 - ・Consortium案では、ADRは圧倒的な実績を持つNASA/GSFCが担当。 ・同様の役割分担で日米間で長期にわたる共同研究を実施してきた。

2) イベント処理回路

- ・ASTRO-H SXSのイベント処理回路を日本が担当している(SXS-PSP)
 - Suzaku XRS向けにNASA/GSFCで開発された技術を全面的に継承
- SXS-PSPではFPGA+CPUの汎用回路で実現、SpaceWire等の最新技術 ・XMSでは大規模アレイへの対応(PSPの100倍)が大きな開発要素

2段スターリング冷凍機 5 Akari (ASTRO-H SXS) Bacar ASTRO-HOEM冷凍機の寿命試験(要求3年、 目標54)を実施中。5年以上のランニングを目指 5,00円冷凍機としては、要求寿命5年、目標 10年を満たすさらなる信頼性の向上が要開発項目。 4He JT冷凍機 5 SMILES (ASTRO-H SXS) 10年を満たすさらなる信頼性の向上が要開発項目。 クライオスタット 4-5 Suzaku XRS Akari (ASTRO-H SXS) 現在、ASTRO-HOEMデュワーを製作中であり、 2012年にはEM試験の一環として、無要測運転を 540世能試験を実施する。INOではコンポーネントレベルでの新規開発要素はないが、排熱方法等、 衛星の設計と絡む部分は検討要素が残る。 冷凍機ドライバ 4 Suzaku XRS Akari (ASTRO-H SXS) 基本的にASTRO-Hの冷凍機ドライバはBBMによる試験を 終え、現在EMを製作中。 イベント処理回路 2-3 (Suzaku XRS) (ASTRO-H SXS) 基本的にASTRO-Hの冷凍機ドライバはBBMによる試験を 終え、現在EMを製作中。		コンポーネント	TRL	ヘリテージ	現状、開発項目	\rightarrow
4He JT冷凍機 5 SMILES (ASTRO-H SXS) f. IXO用冷凍機としては、要求寿命5年、目標 10年を満たすさらなる信頼性の向上が要開発項目。 クライオスタット 4-5 Suzaku XRS Akari (ASTRO-H SXS) 現在、ASTRO-HのEMデュワーを製作中であり、 2012年にはEM試験の一環として、無寒剤運転を 含む性能試験を実施する。IXOではコンボーネン トレベルでの新規開発要素はないが、排熱方法等、 衛星の設計と絡む部分は検討要素が残る。 冷凍機ドライバ 4 Suzaku XRS Akari (ASTRO-H SXS) 基本的にASTRO-Hの冷凍機ドライバと同設計。 ASTRO-Hの冷凍機ドライバはBBMによる試験を 終え、現在EMを製作中。 イベント処理回路 2-3 (Suzaku XRS) (ASTRO-H SXS) IXO用のイベントプロセッサは、限られたリソー スの中でASTRO-Hの100倍の処理能力を持つ必要 があり、この点が大きな開発要素である。次の フェーズにおいてBBMを製作して、主動する必要が ある。ASTRO-HのイベントプロセッサはBBMに よる試験を終え、現在EMを製作中。		2段スターリング冷凍機	5	Akari (ASTRO-H SXS)	現在、ASTRO-HのEM冷凍機の寿命試験(要求3年、 目標5年)を実施中。5年以上のランニングを目指	
クライオスタット4-5Suzaku XRS Akari (ASTRO-H SXS)現在、ASTRO-HのEMデュワーを製作中であり、 2012年にはEM試験の一環として、無寒剤運転を 含む性能試験を実施する。IXOではコンポーネン トレベルレでの新規開発要素はないが、排熱方法等、 衛星の設計と絡む部分は検討要素が残る。冷凍機ドライバ4Suzaku XRS Akari SMILES (ASTRO-H SXS)基本的にASTRO-Hの冷凍機ドライバと同設計。 ASTRO-Hの冷凍機ドライバはBBMによる試験を 終え、現在EMを製作中。イベント処理回路2-3(Suzaku XRS) (ASTRO-H SXS)IXO用のイベントプロセッサは、限られたリソー スの中でASTRO-Hの100倍の処理能力を持つ必要 があり、この点が大きな開発要素である。次の フェーズにおいてBBMを製作して実証する必要が ある。ASTRO-HのイベントプロセッサはBBMによる試験を 終え、現在EMを製作中。		⁴ He JT冷凍機	5	SMILES (ASTRO-H SXS)	す。IXO用冷凍機としては、要求寿命5年、目標 10年を満たすさらなる信頼性の向上が要開発項目。	
冷凍機ドライバ4Suzaku XRS Akari SMILES (ASTRO-H SXS)基本的にASTRO-Hの冷凍機ドライバと同設計。 ASTRO-Hの冷凍機ドライバはBBMによる試験を 終え、現在EMを製作中。イベント処理回路2-3(Suzaku XRS) (ASTRO-H SXS)IXO用のイベントプロセッサは、限られたリソー スの中でASTRO-Hの100倍の処理能力を持つ必要 があり、この点が大きな開発要素である。次の フェーズにおいてBBMを製作して実証する必要が ある。ASTRO-HのイベントプロセッサはBBMに よる試験を終え、現在EMを製作中。		クライオスタット	4-5	Suzaku XRS Akari (ASTRO-H SXS)	現在、ASTRO-HのEMデュワーを製作中であり、 2012年にはEM試験の一環として、無寒剤運転を 含む性能試験を実施する。IXOではコンポーネン トレベルでの新規開発要素はないが、排熱方法等、 衛星の設計と絡む部分は検討要素が残る。	¥
イベント処理回路2-3(Suzaku XRS) (ASTRO-H SXS)IXO用のイベントプロセッサは、限られたリソー スの中でASTRO-Hの100倍の処理能力を持つ必要 があり、この点が大きな開発要素である。次の フェーズにおいてBBMを製作して実証する必要が ある。ASTRO-HのイベントプロセッサはBBMに よる試験を終え、現在EMを製作中。		冷凍機ドライバ	4	Suzaku XRS Akari SMILES (ASTRO-H SXS)	基本的にASTRO-Hの冷凍機ドライバと同設計。 ASTRO-Hの冷凍機ドライバはBBMによる試験を 終え、現在EMを製作中。	•
		イベント処理回路	2-3	(Suzaku XRS) (ASTRO-H SXS)	IXO用のイベントプロセッサは、限られたリソー スの中でASTRO-Hの100倍の処理能力を持つ必要 があり、この点が大きな開発要素である。次の フェーズにおいてBBMを製作して実証する必要が ある。ASTRO-HのイベントプロセッサはBBMに よる試験を終え、現在EMを製作中。	•



• ADR動作のために、熱浴温度2-4Kを実現する (ADRの熱負荷<20mW)

on a single TES

Outer array: 600 x 600 µm²

- ・ 要求寿命5年 (目標10年) →寒剤 (液体ヘリウム) を使用しない
- 機械式冷凍機が1台故障しても動作すること
- 2段式スターリング(2ST)シールド冷凍機(2台)で20K
- ⁴Heジュールトムソン(JT)冷凍機(JT 2台、2ST予冷機3台)で4.5K
- 3段式ADRで1.8K、0.6K、0.05K (NASA/GSFC)

冷凍機システムの検討

- これまでに概念設計と成立性の検討を実施
- 機械式冷凍機はデュワーから熱的に切り離し、 ループヒートパイプとラジエータで排熱
- 正常時は各冷凍機を50%パワーで運転
- 冷凍機の性能はASTRO-H相当、メインシェル 温度は300Kを仮定
- ADR排熱は常に20mWを仮定(最悪ケース) STRO-Hをベースにした設計で成立性を確認





ノミナル	50x2	50x3	50x2	43%
シールド冷凍機故障	50x2	50x3	90x1	13% (JTを90x2にすれば52%)
JT予冷機故障	50x2	90x2	50x2	43%
JT冷凍機故障	90x1	50x3	50x2	34%

東機システムの今後の課題

- STRO-H SXS EM冷凍機システムの動作実証
 - 現在SXS用のEM冷凍機システムを製作中で、2012年初めに機能試験(無寒剤運転を含む)、環境試験等を実施する。
 - SXS用EM JT冷凍機の長期ランニング試験を実施中。目標5年以上(=XMSの要求寿命)。
- →XMS冷凍機システムの実証のためにも、ASTRO-H SXSを着実に実施する。
- 「/2ST冷凍機のさらなる信頼性向上をSPICAプロジェクト等とも協力して進める
 - ガス精製、アウトガスを含むコンタミネーション管理のさらなる向上 (ASTRO-H SXSの信頼性向上の一環)
 - 可動部の設計の徹底的な見直し
 - 2ST冷凍機が故障した場合に熱的に切り離すための熱スイッチの検討
- 繊式冷凍機の排熱設計
 - ・衛星の設計に依存



読み出し系開発の現状